

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 04150022  
PUBLICATION DATE : 22-05-92

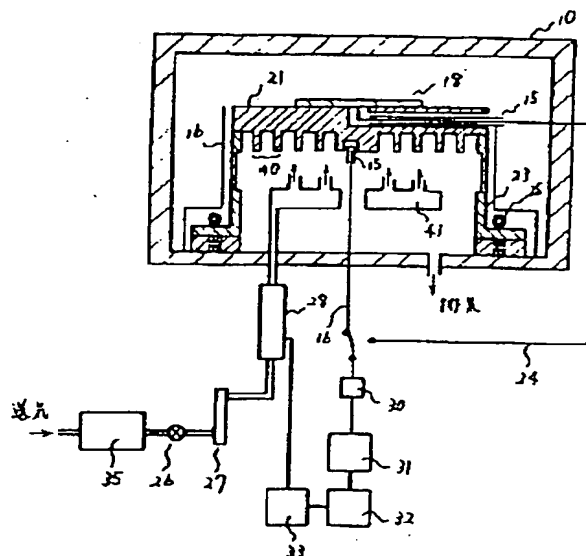
APPLICATION DATE : 15-10-90  
APPLICATION NUMBER : 02273298

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : SUZUKI ISAO;

INT.CL. : H01L 21/302

TITLE : PLASMA TREATMENT APPARATUS



**ABSTRACT :** **PURPOSE:** To ensure an etching apparatus which is excellent in a temperature response characteristic during a plasma discharge by a method wherein the heat capacity of an electrode is reduced, the heat conduction between a heat source and a substrate is increased and an uncertainty factor such as a thermal contact or the like is eliminated.

**CONSTITUTION:** An electrode ceiling whose heat conduction is good and a cylindrical electrode side-plate which supports it and has a poor heat conduction are united by a welding operation; a groove 23 is formed along the circumference of a circle; an inner-face temperature distribution inside the electrode ceiling is made uniform. Fin-shaped grooves are carved in the rear of the electrode ceiling; a contact area with a gas is made wide. Supply electric power of a heater for gas heating use is kept constant; the opening degree of a flow-rate adjusting valve 26 is controlled automatically by using a PID controller 32; a gas which has been controlled to a prescribed temperature is blown from a nozzle; an electrode is heated or cooled. The heat capacity of the electrode plate is reduced, since forced convection is used, the problem of uncertainties such as a thermal contact state or the like is solved. Thereby, a temperature change during a plasma discharge can be suppressed to be small.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

D4

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-150022

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>  
H 01 L 21/302

識別記号  
C

庁内整理番号  
7353-4M

④ 公開 平成4年(1992)5月22日

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全6頁)

⑬ 発明の名称 プラズマ処理装置

⑰ 特 願 平2-273298

⑱ 出 願 平2(1990)10月15日

⑲ 発 明 者 宮 崎 博 史 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 本 間 喜 夫 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 松 村 泰 秀 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 原 田 邦 男 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑰ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

プラズマ処理装置

2. 特許請求の範囲

1. 放電電極の温度を制御するための手段として、温度調節したガスを電極内部に強制対流させることを特徴とするプラズマ処理装置。

2. 放電電極及び温度制御機構が、ガスを対流させるための管状の加熱ガス通路、溝もしくはフィンを備えた電極板と、その温度測定手段と、放電電極に対し電気的に絶縁されたガス加熱用ヒータと、測定した電極温度をガス加熱用ヒータもしくはガス流量調節バルブにフィードバックするための制御器から構成されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

3. 上記ガス加熱用ヒータに供給するためのガスを冷却する冷却器を付加したことを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置。

4. 上記放電電極板に設けられた加熱ガス対流用の管とガス加熱用ヒータとの接続部分を絶縁体

の二重管構造とし、加熱ガスを内管に流し、内管からのガス漏れを防止するための加圧ガスを内管と外管の間に流すことを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置。

5. 上記放電電極の形状が円筒形であって、半導体基板を載せるための熱伝導の良い材料からなる天板と、それを支える熱伝導の悪い材料からなる側板を溶接で一体化してあり、電極とプラズマ室は電気的に絶縁可能な状態で気密シールされており、その部分が水冷パイプで冷却してあることを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置。

6. 上記放電電極の天板がニッケル層で被覆された銅板であることを特徴とする請求項5記載のプラズマ処理装置。

7. 上記プラズマ処理装置において、電極温度を220℃から300℃までの所定の温度に設定し、プラズマ放電中の電極温度の変動を±5℃以内とすることを特徴とするドライエッチング方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 【産業上の利用分野】

本発明は、半導体装置の電極・配線となる銅もしくは銅合金膜もしくは銅の化合物を加工するドライエッチング装置に関する。

## 【従来の技術】

平行平板型ドライエッチング装置を用いて銅薄膜を加工する技術については、「ジャーナル・オブ・ジ・エレクトロケミカル・ソサエティ」,130巻,(1983年),第1777頁から第1779頁(J. Electrochem. Soc., vol.130 No8 (1983), pp1777-1779)において詳しく論じられている。また、銅膜を微細加工した報告例としては第36回応用物理学関係連合講演会講演予稿行集,(1989春季),第570頁、及び「ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジクス」,28巻,(1989年),第1070頁から第1072頁(Japanese Journal of Applied Physics, Vol.28, No.6, 1989, pp. L1070-L1072)が知られている。

上記従来技術では、銅をエッチングするための反応ガスとして四塩化炭素( $\text{CCl}_4$ )もしくは四塩化

珪素( $\text{SiCl}_4$ )等の塩素化合物を用いている。銅塩化物は蒸気圧が低いので、プラズマ処理によって生成する銅塩化物を基板表面から除去し、エッチング反応を進行させるために電極内に設置したヒータで200℃以上の基板加熱が必要である。

## 【発明が解決しようとする課題】

上述したように、原理的には200℃以上の基板加熱によって塩素系の反応ガスによる銅の反応性イオンエッチングが可能である。ただし、半導体装置上に形成された銅薄膜の微細加工においては、基板温度を精度良く制御する方が好ましい。何故なら、エッチング中にプラズマによって基板が加熱され基板温度が上昇するため、(1)温度上昇と共に中性ラジカルによるエッチング速度が増大し等方性のエッチングに近づく、(2)加工マスクとして有機樹脂を使用することが耐熱性の点から困難になる等の問題が生じるからである。ただし、ドライエッチング装置では温度制御対象が高周波電力の印加される電極であることから、以下に示すような技術課題がある。

(1) エッチング中、基板はプラズマによって加熱される。基板がプラズマによって加熱される場合の時定数は非常に小さいので、その時定数に即応できる電極構造及び温度制御機構が必要である。同時に、電極加熱の高効率化の面から電極がプラズマ室から断熱されおり、その代わりに除熱手段を付加した構造等を考える必要がある。

(2) 電極には高周波電力が印加されるため、電極に隣接するヒータや熱電対を介して電源や温度測定器に高周波電力が伝わり誤動作を起こさないように防止機構が必要である。

従来の電極加熱機構ではこの2つの項目が充分満足されていなかった。第2図に示すようにヒータとして抵抗発熱体14を用いた場合、高周波電力の漏れを防止するため、抵抗発熱体14と電極板11の間を絶縁する必要があるが、絶縁板12を挿入することによって熱伝導性が悪くなり温度制御の応答性が低下する。また、抵抗発熱体14と絶縁板12、絶縁板12と電極板11の熱接触を安定に確保しない

と、電極温度の面内分布均一性が悪くなったり、過熱による抵抗発熱体14が断線することもある。その対策として、第2図のように絶縁板12に熱が流入する前に金属性均熱ブロック13で熱流束を分散し電極温度の面内分布均一性向上を図っても良いが、均熱ブロック13により電極全体の熱容量が増大して温度制御の応答性が低下してしまう。

上述したように、200-300℃の領域では輻射による放熱速度が小さいことから、加熱時のことを考えて電極11をプラズマ処理室10から断熱した場合には、プラズマ放電時の温度制御を図るため強制除熱機構が必要となり、加熱手段とは別に強制除熱機構を付加することになって構造的には複雑となる。

本発明の目的は、平行平板型ドライエッチング装置の電極熱容量を低減し、熱源と基板との間の熱伝導性を高めると同時に、熱接触等の不確実性を排除し、必要に応じて強制除熱が可能で、プラズマ放電中の温度応答特性が優れた高温エッチング電極及びエッチング方法を提供することに

ある。さらに本発明は、目的とするエッチング電極では、加熱・冷却機構を介して高周波電力が漏れないように配慮されており、プラズマ放電が電極面内で均一であって、必要とされるバイアス電圧が確保でき、電極と加熱・冷却機構の間の高周波の絶縁(電気容量)が充分大きいプラズマ処理装置を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

上記目的は、電極板内に設けたガス流路に所定温度のガスを流し、ガス温度の制御によって電極の加熱もしくは冷却を行うことにより達成される。なお、電極とガス加熱用のヒータとを連結するパイプにはセラミック等の耐熱性絶縁体とし、電氣的に両者を分離して高周波ノイズ等の弊害を防いだ。

#### 【作用】

本発明の高温エッチング電極では加熱・冷却機構として電極板にガス流路を設けるだけあるから、電極板の熱容量を小さくできる。しかも、強制対流であるため熱接触状態等の不確実性の問題は解

測定用熱電対24を挿入する孔を加工した銅板で、その表面は酸化や腐食を防止するためにニッケル層で覆われている。ニッケルは塩素プラズマによって殆どエッチングされないので電極天板21の腐食を長期間防止する上、被エッチング材料である銅のエッチングに悪影響を及ぼさない。ただし、耐久性はやや劣るが電極を石英等のセラミックで被覆しても良い。電極側板22はステンレス製で、一層熱伝導を悪くするため円周に沿って溝23を彫り薄肉化した。この電極構造によって、電極天板11の面内温度分布の均一化を図った。電極とプラズマ処理室10の間の真空シールは電極側板22の下部でOリングにより気密シールしその周囲を水冷パイプ25で冷却した。

加熱用ガスとして用いた室温の空気は、流量調節バルブ26と流量計27を通してガス加熱用ヒータ28に供給した。ただし、除熱量を大きく取りたい場合は、ガス加熱用ヒータ28に供給するガスを室温以下にすれば良い。このためのガス冷却器35を設けても良い。電極天板20内の溝21とガス加熱用

決される。設定電極温度よりも高い温度で流入するガスは加熱作用を持ち、設定電極温度よりも低い温度で流入するガスは除熱作用を持つ。従って、流入ガス温度で加熱から除熱まで一つの機構で連続的に精度良く制御できる。

また、電極とガス加熱用のヒータの連結部分については、セラミック材料等の絶縁管で電氣的絶縁を図っておけば良い。この様にして高周波電極を他の部分から電氣的に独立させることで、容易にエッチングに必要なバイアス電圧を確保することができる。

#### 【実施例】

##### (実施例1)

本実施例で用いたエッチング装置の高温電極部を第1図に示す。

電極は円筒形をしており、半導体基板を載せるための熱伝導の良い電極天板20と、それを支えるための熱伝導の悪い電極側板22を溶接で一体化してある。電極天板20は矩形断面をした管状の加熱ガス通路21と電極温度測定用熱電対16と基板温度

ヒータ28はセラミック製連結管29でつないだ。

電極の温度制御は次の様にした。ガス加熱用ヒータ28に供給するガスの流量は常に一定とした。電極温度は、高周波フィルタ30を備え、絶縁管15で直流的に絶縁された電極温度測定用熱電対16で測定した。PID制御器32に電極温度測定用熱電対16の電圧を入力し、出力信号でガス加熱ヒータ28に電力を供給する電源33を制御してガスの温度を調節した。また、電極の温度は電極温度測定用熱電対16が接続されている温度表示器31で読み取った。電極上に基板18が載っている場合は、高周波フィルタ30の入力を基板温度測定用熱電対24とすることにより制御精度が向上する。

セラミック製連結管29の詳細を第3図に示す。ステンレス管36、37は、セラミック製内管38を差し込んでつないだ。ガス温度の変化に伴う熱膨張・収縮によってセラミック製内管38が割れないように単純に差し込んであるだけなので高温になるとステンレス管36、37が膨張してセラミック製内管38との間に隙間が生じる。そこで、加熱ガスがな

るべく漏れないようにセラミック製外管39で包んで二重管構造とし、セラミック製内管38とセラミック製外管39の間に電極板加熱用熱風と同じ圧力まで加圧したガスを少量流した。

本実施例の装置を使って、電極温度を制御した場合の実施結果の一例を具体的に述べる。

電極天板20の直径を $\phi 200\text{mm}$ 、加熱ガス通路21の断面積を $16\text{mm}^2$ とした。最大出力 $1\text{KW}$ のガス加熱ヒータ28に室温の空気を $100\text{L/min}$ の流量で供給し、最高温度 $800^\circ\text{C}$ の加熱空気が得られるようにした。本電極により最高 $400^\circ\text{C}$ の基板加熱が可能で、設定温度 $200\sim 300^\circ\text{C}$ の範囲ではプラズマ放電中も温度変動を $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内に抑えることができた。このエッチング装置を用いて、基板温度 $250^\circ\text{C}$ の条件で、四塩化珪素を $10\text{sccm}$ 供給し、ガス圧力 $0.8\text{Pa}$ 、放電電力 $0.48\text{W/cm}^2$ のプラズマ放電を行ったところ、 $300\text{nm/min}$ のエッチング速度で最小配線幅 $0.8\mu\text{m}$ の銅配線を半導体基板上に形成することができた。

#### (実施例2)

イエッチングにも適用可能である。

熱電対16,24を光ファイバー式温度計とすれば高周波フィルタ30は必要ない。

#### 【発明の効果】

本発明の平行平板型ドライエッチング装置によって、プラズマ放電中も電極の温度変動を $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内に抑えることができた。このため、放電中の温度上昇を抑えラジカルによるサイドエッチングを抑制することができた。また、 $250^\circ\text{C}$ の熱処理を施したフォトリジストを加工マスクとしてもエッチング中に変質することがなくなった。

#### 4. 図面の簡単な説明

である。

第1図は、本発明の平行平板型ドライエッチング装置の電極構造を示す縦断面図、第2図は従来の平行平板型ドライエッチング装置の電極構造を示す縦断面図、第3図は、電極とガス加熱ヒータをつなぐセラミック製連結管の詳細を示す縦断面図、第4図は、本発明の他の実施例の平行平板型ドライエッチング装置の電極構造を示す縦断面図

第4図に本実施例の電極とガスの接触方式を示す。電極天板20の裏面にフィン状の溝40を彫りガスとの接触面積を広げた。ガスはノズル41から吹き付けた。

#### (実施例3)

実施例1ではPID制御器32でガス加熱用ヒータ28のための電源33を制御したが、本実施例ではガス加熱用ヒータ28のヒータ電力を一定もしくはゼロとしPID制御器32で流量調節バルブ26の開度を自動制御し、電極天板20の温度を制御した。特に $1\text{kW/cm}^2$ に近い高電力放電時では、大きな電極冷却能力が必要とされるため、本実施例による制御が有効であった。

以上、平行平板型ドライエッチング装置の電極として説明したが、同じ構造の電極をマイクロ波プラズマエッチング装置の基板電極として用いても良い。

また、本ドライエッチング装置は銅薄膜の加工のみならず、室温よりも低いガスを供給しガス加熱ヒータで温度調節することで、室温以下のドラ

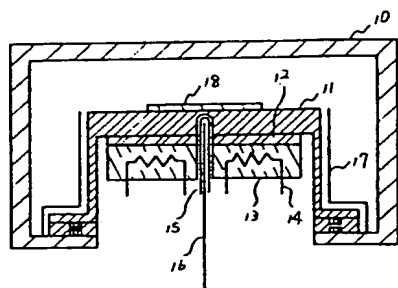
である。

#### 符号の説明

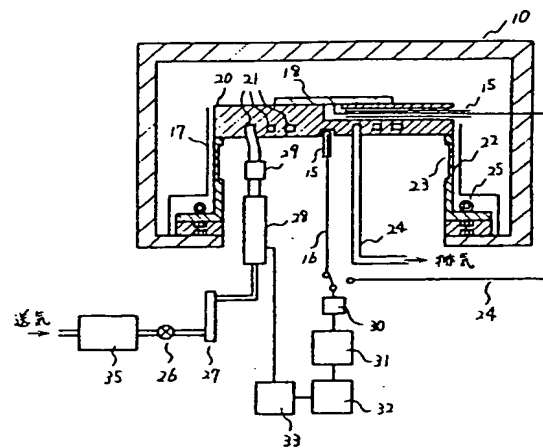
10…プラズマ処理室	11…電極
12…絶縁板	13…均熱ブロック
14…抵抗発熱体	15…絶縁管
16…電極温度測定用熱電対	
17…シールド板	18…基板
20…電極天板	21…加熱ガス通路
22…電極側板	23…溝
24…基板温度測定用熱電対	
25…水冷パイプ	26…流量調節バルブ
27…流量計	28…ガス加熱用ヒータ
29…セラミック製連結管	
30…高周波フィルタ	31…温度表示器
32…PID制御器	33…電源
34…排気管	35…ガス冷却器
36…ステンレス管	37…ステンレス管
38…セラミック製内管	39…セラミック製外管
40…フィン状の溝	41…ノズル

代理人 弁理士 小川 勝男

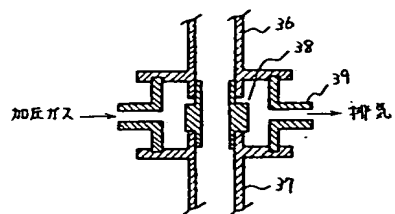
第 1 図



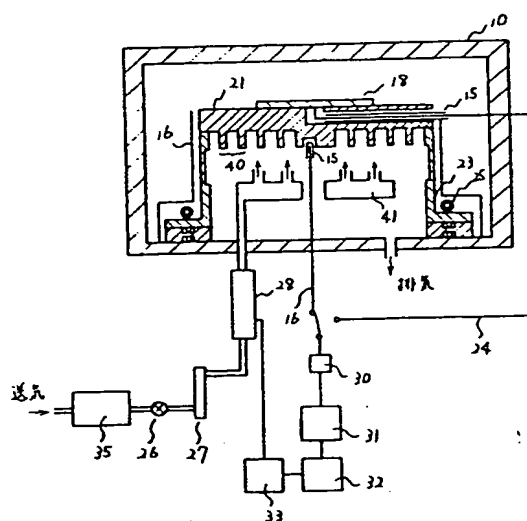
第 2 図



第 3 図



第 4 図



特開平4-150022(6)

第1頁の続き

⑫発明者 近 藤

仁

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑬発明者 鈴 木

勲

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内